

<http://www.phei.com.cn>

# 数据采集 与 处理技术

祝常红 主编 · 彭坚 副主编

本书适用于高职高专应用电子、自动控制、自动测试、  
仪器仪表、机械设计与自动化等专业



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

## 内 容 简 介

本书从工程应用角度出发,坚持理论联系实际,学以致用,以工程实战解决实际应用中的各种问题。全书共分8章,包括:数据采集与处理技术的概念,采集系统常用传感器,信号采集与信号调理技术,数据采集常用电路,计算机接口与数据采集,数据采集系统的抗干扰技术,使用 LabVIEW 进行数据采集与分析,使用 MCGS 组态软件进行数据采集与分析。第4、5、7、8章分别介绍了实际工程项目的应用,使读者能够对本课程的主要内容有条理、有针对性地学习,能正确、合理地进行数据采集与处理。

本书可作为高等职业学校应用电子、电子信息、机电技术、自动化技术、机电一体化、电气运行与控制、自动测试、仪器仪表、机械设计与自动化等相关专业的教材,也可作为工程技术人员的参考用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

数据采集与处理技术 / 祝常红主编. —北京: 电子工业出版社, 2008.3

ISBN 978-7-121-05335-1

I. 数… II. 祝… III. ①数据采集②数据处理 IV. TP274

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 014337 号

策划编辑: 田领红

责任编辑: 宋兆武 张帆

印刷: 北京市海淀区四季青印刷厂

装订: 涿州市桃园装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开本: 787×1092 1/16 印张: 14.5 字数: 390 千字

印次: 2008 年 3 月第 1 次印刷

印数: 5000 册 定价: 27.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

# 前 言

随着计算机技术的飞速发展,数据采集与处理技术在多个领域有着广泛的应用。数据采集(Data acquisition)是以传感器及转换技术、非电测量和电信号检测、接口技术、可编程控制器 PLC 技术和计算机控制技术等先进处理技术为基础形成的一门综合应用技术。作为获取信息的工具,数据采集是电子、机械制造、冶金、航空航天等控制系统中至关重要的一环。在多个领域的检测过程中,往往需要随时检测各环节的电压、电流、温度、湿度、流量、压力等参数,同时,还要对任意检测点参数能够进行随机查寻,将其检测到的数据转换提取出来,以便进行比较,做出决策,调整控制方案,提高产品的合格率,产生良好的经济效益。

近年来,数据采集与处理的新技术、新方法,直接或间接地引发其革新和变化,实时监控(远程监控)与仿真技术(包括传感器、数据采集、微芯片数据、可编程控制器 PLC、现场总线处理、流程控制、曲线与动画显示、自动故障诊断与报表输出等)把数据采集与处理技术提高到一个崭新的水平。

数据采集与处理技术不仅涉及采样技术基本理论,还涉及采集与处理系统常用的传感器及常用芯片的使用, PXI、PCI 总线,计算机接口通信控制系统,计算机控制系统可靠性设计,系统抗干扰,工业控制软件在数据采集与处理工程中的应用等问题。

本书可作为高等职业学校应用电子技术、电子信息技术、机电一体化技术、自动化技术、电气运行与控制技术、自动测试技术、仪器仪表技术、自动化技术等专业的教材,也可供相关专业工程技术人员参考。

使用本书进行课程教学时必须理论联系实际,在讲授系统结构、组成原理的基础上,着重讲授数据采集与处理技术在工程上的应用知识,以进一步培养和提高学生运用本课程知识解决实际问题的能力。应采用案例教学、项目教学的方法,以精讲为主,辅以适当的课程实习、实训,提高学生学习的主动性和创新性。

本书特色:

- 1) 本书以人的认知规律为主线,而不是以课程结构为主线,简明扼要、通俗易懂。
- 2) 自 2001 年以来,本书编写教师承担过大量本课程科研项目,积累了丰富的实际应用案例,通过对所承担过的科研项目和工程案例进行整理,提炼出具有实际工程应用背景的课程素材,将它们作为核心内容和主线贯穿在教材中。以工程案例为主线构建《数据采集与处理技术》教材的模式,通过项目引领、任务驱动,提高实践教学力度。
- 3) 与伟创力科技(珠海)有限公司、珠海市伟高电子有限公司等五个数据采集与处理技术校外实训基地进行产、学、研结合,开展本课程教学改革与教学研究,在教学过程中不断完善丰富,更新课程内容,建设具有高职特色的理论与实践一体化课程。
- 4) 任务驱动:本书以任务构建认知单元,采用“NI-Labview 软件”、“工控组态软件”、采集板卡和 USB 采集模块等设备组合,进行数据采集与处理技术的初步应用尝试,不必等完成数据采集与处理技术的全部知识体系学习,随着任务的进行,知识日渐完善,能力逐渐提高,到所有任务完成时,已具有初步数据采集与处理技术的开发和创新能力。
- 5) 技术先进:本书把近年来数据采集与处理技术的新技术、新方法引入教材,实现传感器技术、现代检测技术、计算机接口技术、计算机仿真技术、虚拟仪器技术、可编程控制器 PLC 技术、计算机控制技术等多项技术资源整合。
- 6) 工程实战:书中的案例来源于工程实践,简明实用,学以致用,直接参与解决实际工

程问题，对读者进行工程实践具有很大帮助。

本书由祝常红任主编，彭坚任副主编，屈圭、周力田参编。其中第 2、3 章由彭坚编写，第 4、5 章由周力田编写，第 1、6 章由屈圭编写，第 7、8 章由祝常红编写。伟创力科技（珠海）有限公司、珠海伟高电子有限公司的专家对本书提出了宝贵的意见，在此衷心地表示感谢！

本书配有教学课件、课程开发资料光盘。

由于编者水平有限，书中难免不妥和不足之处，殷切希望各院校师生及广大读者批评指正。  
联系方式 E-mail: zchzch200412@126.com。

编 者

2008 年 1 月

# 目 录

<b>第 1 章 数据采集与处理技术的概念</b> .....	(1)
1.1 数据采集系统的基本功能 .....	(1)
1.2 数据处理的任务和任务 .....	(2)
1.2.1 数据处理的类型 .....	(2)
1.2.2 数据处理的任务 .....	(3)
1.3 数据采集系统的分类 .....	(3)
1.3.1 一般计算机数据采集与处理系统 (DAS) 的组成 .....	(3)
1.3.2 直接数字控制型数据采集与处理系统 (DDC) 的组成 .....	(7)
1.3.3 集散型数据采集与处理系统 (DCS) 及其主要特点 .....	(7)
1.4 组态软件及其控制技术在数据采集与处理系统中的应用简介 .....	(11)
1.5 虚拟仪器软件 LabVIEW 在数据采集与处理系统中的应用简介 .....	(12)
习题 .....	(13)
<b>第 2 章 采集系统常用传感器</b> .....	(15)
2.1 传感器的定义与组成 .....	(15)
2.2 传感器的分类与特点 .....	(15)
2.2.1 按被测物理量分类 .....	(15)
2.2.2 按敏感材料分类 .....	(16)
2.2.3 按能量的关系分类 .....	(16)
2.2.4 其他分类法 .....	(16)
2.3 电阻应变式传感器原理 .....	(16)
2.3.1 电阻应变式传感器 .....	(16)
2.3.2 电阻应变式传感器的应用实例——汽车衡称重系统 .....	(20)
2.4 热电偶传感器原理 .....	(22)
2.5 电感式传感器 .....	(28)
2.5.1 电感式传感器概述 .....	(28)
2.5.2 自感式电感传感器 .....	(28)
2.5.3 差动变压器式传感器 .....	(30)
2.5.4 变压器式传感器测量转换电路 .....	(31)
2.5.5 自感式传感器应用实例 .....	(33)
2.6 电容式传感器 .....	(35)
2.6.1 电容式传感器工作原理 .....	(35)
2.6.2 电容传感器应用实例 .....	(38)
2.7 压电传感器 .....	(40)
2.7.1 压电效应和压电传感器 .....	(40)
2.7.2 压电转换电路的工作原理 .....	(42)
2.7.3 压电传感器应用实例 .....	(43)

2.8	霍尔传感器 .....	(44)
2.8.1	霍尔元件的结构及工作原理 .....	(44)
2.8.2	霍尔传感器及其应用 .....	(46)
2.9	光电传感器 .....	(50)
2.9.1	光电效应 .....	(50)
2.9.2	光电池 .....	(52)
2.9.3	光敏二极管和光敏三极管 .....	(54)
2.9.4	光电传感器应用实例 .....	(56)
	习题 .....	(57)
<b>第3章</b>	<b>信号采集与信号调理技术</b> .....	<b>(60)</b>
3.1	采样定理 .....	(60)
3.2	A/D (模/数) 转换 .....	(61)
3.2.1	逐次比较型 A/D 转换器 .....	(62)
3.2.2	并行比较型 A/D 转换器 (3 位) .....	(64)
3.2.3	A/D (模/数) 转换的作用及需注意的问题 .....	(66)
3.3	D/A (数/模) 转换 .....	(66)
3.3.1	D/A (数/模) 转换电路 .....	(66)
3.3.2	D/A (数/模) 转换的应用 .....	(67)
3.4	D/A 和 A/D 板卡的选择和应用领域 .....	(71)
3.5	数据采集系统的设计 .....	(73)
3.5.1	数据采集系统结构形式的确定 .....	(74)
3.5.2	系统参数设计和器件选择 .....	(76)
3.5.3	高速数据采集系统 .....	(78)
	习题 .....	(78)
<b>第4章</b>	<b>数据采集常用电路</b> .....	<b>(80)</b>
4.1	模拟多路开关 .....	(80)
4.1.1	常用模拟多路开关的工作原理及主要技术指标 .....	(81)
4.1.2	模拟多路开关的应用 .....	(84)
4.2	测量放大器 .....	(85)
4.2.1	集成测量放大器主要技术指标 .....	(85)
4.2.2	集成测量放大器芯片 AD522 的应用 .....	(86)
4.2.3	程控增益放大器 .....	(87)
4.3	滤波器 .....	(88)
4.3.1	RC 无源与有源滤波器 .....	(89)
4.3.2	滤波器的应用 .....	(91)
4.4	USB7336 多功能数据采集模块 .....	(92)
4.5	PCI5413D 光电隔离模入接口卡 .....	(96)
	习题 .....	(98)
<b>第5章</b>	<b>计算机接口与数据采集</b> .....	<b>(99)</b>
5.1	接口的功能特点及数据传送方式 .....	(99)

5.1.1	数据传送方式 .....	(99)
5.2	数据采集的串行通信接口技术 .....	(103)
	串行通信方式 .....	(104)
5.3	常用异步串行通信接口 .....	(105)
	5.3.1 RS-232 接口 .....	(105)
	5.3.2 RS-422A、RS-423A 接口电路 .....	(107)
	5.3.3 20mA 电流环路串行接口 .....	(108)
5.4	PC 机和单片机之间的通信 .....	(109)
5.5	A/D、D/A 转换器及接口 .....	(110)
	5.5.1 AD574 .....	(110)
	5.5.2 单片机与 12 位 D/A 转换器 DAC1208 的接口 .....	(112)
5.6	单片机数据采集在中央供暖系统中的应用 .....	(113)
5.7	单片机温度数据采集与处理方法的工程设计 .....	(118)
5.8	可编程控制器 PLC 模拟量处理模块 .....	(120)
	5.8.1 I/O 模块的选择 .....	(120)
	5.8.2 PLC 与常用输入设备的连接 .....	(121)
	5.8.3 模拟量处理模块 .....	(121)
	5.8.4 普通 A/D 输入模块 .....	(121)
	5.8.5 PLC 的 A/D 和 D/A 模块介绍 .....	(121)
	5.8.6 温度 A/D 输入模块 .....	(125)
	习题 .....	(127)
<b>第 6 章</b>	<b>数据采集系统的抗干扰技术 .....</b>	<b>(128)</b>
6.1	数据采集系统中常见的干扰 .....	(128)
6.2	串、共模抗干扰措施 .....	(131)
	6.2.1 串模干扰及抑制 .....	(131)
	6.2.2 共模干扰及抑制 .....	(132)
6.3	硬件抗干扰措施 .....	(134)
6.4	电源系统的抗干扰 .....	(135)
6.5	接地系统的抗干扰 .....	(138)
6.6	屏蔽技术 .....	(141)
6.7	噪声与干扰抑制 .....	(142)
	6.7.1 噪声的耦合方式及有源器件的选择原则 .....	(142)
	6.7.2 抑制噪声源 .....	(146)
	6.7.3 减少噪声的耦合与接收 .....	(147)
6.8	软件抗干扰技术 .....	(148)
6.9	抗干扰应用 .....	(149)
	习题 .....	(150)
<b>第 7 章</b>	<b>使用 LabVIEW 进行数据采集与分析 .....</b>	<b>(151)</b>
7.1	LabVIEW 虚拟仪器简介 .....	(151)
	7.1.1 LabVIEW 的功能与特点 .....	(151)

7.1.2	虚拟仪器软件开发工具 LabVIEW 介绍 .....	(153)
7.2	LabVIEW 的数据采集 .....	(154)
7.2.1	数据采集系统的构成 .....	(154)
7.2.2	信号调理 .....	(155)
7.3	LabVIEW 的 VI 编辑 .....	(156)
7.3.1	创建一个 VI .....	(156)
7.3.2	仿真信号 Express VI .....	(157)
7.3.3	连接程序框图对象 .....	(158)
7.3.4	调整信号 .....	(159)
7.3.5	配置公式 .....	(159)
7.3.6	在图形上显示两个信号 .....	(159)
7.3.7	自定义旋钮控件 .....	(160)
7.3.8	自定义波形图显示控件外观 .....	(161)
7.3.9	基于模板创建 VI .....	(161)
7.3.10	添加信号 .....	(162)
7.3.11	配置滤波器 Express VI .....	(162)
7.3.12	分析信号幅值 .....	(163)
7.3.13	控制执行速度 .....	(163)
7.3.14	设定警告界限 .....	(163)
7.3.15	设置警告提示 .....	(164)
7.3.16	保存数据到文件 .....	(164)
7.4	采集数据并与仪器通信 .....	(165)
7.4.1	采集信号 .....	(165)
7.4.2	测试任务 .....	(166)
7.4.3	将 DAQ 设备采集的数据绘制到图形 .....	(166)
7.5	查找和安装仪器驱动 .....	(166)
7.5.1	通过仪器 I/O 助手选择仪器 .....	(167)
7.5.2	采集并解析仪器信息 .....	(167)
7.6	MAX 配置 .....	(167)
7.7	快速开发工具: DAQ 助手 (DAQ Assistant) .....	(169)
7.7.1	使用 DAQmx 进行数据采集 .....	(169)
7.7.2	使用 DAQmx 写 VI .....	(169)
7.8	项目工程设计 .....	(171)
7.8.1	基于 LabVIEW 计数信号采集与控制平台 .....	(171)
7.8.2	NI 实现正弦波的滤波处理 .....	(175)
7.8.3	两个波形合成显示 .....	(179)
习题	.....	(182)
<b>第 8 章</b>	<b>使用 MCGS 组态软件进行数据采集与分析 .....</b>	<b>(183)</b>
8.1	什么是 MCGS 组态软件 .....	(183)
8.2	MCGS 组态软件的安装 .....	(183)
8.3	MCGS 组态软件简介 .....	(183)



8.4 MCGS 组态软件的工作方式 .....	(185)
8.5 MCGS 项目工程实战 .....	(186)
8.5.1 MCGS 组态软件实现废品检测自动控制 .....	(186)
8.5.2 基于工控软件的汽车电子控制可视化教学系统 .....	(189)
8.5.3 基于 MCGS 软硬件结合的水位控制系统 .....	(194)
8.5.4 基于 MCGS 的机械手控制系统 .....	(214)
习题 .....	(218)

# 第1章 数据采集与处理技术的概念

## 1.1 数据采集系统的基本功能

“数据采集”是指将温度、压力、流量、位移等模拟量采集转换成数字量后，再由计算机进行存储、处理、显示或打印的过程。相应的系统称为数据采集系统。

从严格意义上说，数据采集系统应该用计算机控制的多路数据自动检测或巡回检测，并且能够对数据实行存储、处理、分析计算，以及从检测的数据中提取可用的信息，供显示、记录、打印或描绘的系统。总之，不论在哪个应用领域中，数据的采集与处理越及时，工作效率就越高，取得的经济效益就越大。

数据采集系统的任务，具体地说，就是传感器从被测对象获取有用信息，并将其输出信号转换为计算机能识别的数字信号，然后送入计算机进行相应的处理，得出所需的数据。同时，将计算得到的数据进行显示、储存或打印，以便实现对某些物理量的监视，其中一部分数据还将被生产过程中的计算机控制系统用来进行某些物理量的控制。

数据采集系统一般由数据输入通道、数据存储与管理、数据处理、数据输出及显示这五个部分组成。输入通道要实现对被测对象的检测、采样和信号转换等工作。数据存储与管理要用存储器把采集到的数据存储起来，建立相应的数据库，并进行管理和调用。数据处理就是从采集到的原始数据中，删除干扰噪声、无关信息和不必要的信息，提取出反映被测对象特征的重要信息。另外，就是对数据进行统计分析，以便于检索；或者把数据恢复成原来的物理量形式，以可输出的形态在输出设备上输出，如打印、显示、绘图等。数据输出及显示就是把数据以适当的形式进行输出和显示。

数据采集系统性能的好坏，主要取决于它的精度和速度。在保证精度的条件下，应有尽可能高的采样速度，以满足实时采集、实时处理和实时控制的要求，由数据采集系统的任务可知，数据采集系统具有以下几方面的功能。

### 1. 数据采集

计算机按照预先选定的采样周期，对输入到系统的模拟信号进行采样，有时还要对数字信号、开关信号进行采样。数字信号和开关信号不受采样周期的限制，当这类信号到来时，由相应的程序负责处理。

### 2. 信号调理

信号调理是对从传感器输出的信号做进一步的加工和处理，包括对信号的转换、放大、滤波、储存、重放和一些专门的信号处理，这是因为在做下一步处理之前必须将干扰和噪声滤除掉。另外，传感器输出信号往往具有机、光、电等多种形式。而对信号的后续处理往往



采取电的方式和手段,因而必须把传感器输出的信号进一步转化为适宜于电路处理的电信号,其中包括电信号放大。通过信号的调理,获得最终希望的便于传输、显示和记录,以及可做进一步后续处理的信号。

### 3. 二次数据计算

通常把直接由传感器采集到的数据称为一次数据,把通过对一次数据进行某种数学运算而获得的数据称为二次数据。二次数据计算主要有求和、最大值、最小值、平均值、累计值、变化率、样本方差与标准方差统计方式等。

### 4. 屏幕显示

屏幕显示装置可把各种数据以方便操作者观察的方式显示出来,屏幕上显示的内容一般称为画面。常见的画面有实时监控画面、报表数据、模拟仿真图、一览表等。

### 5. 数据存储

数据存储就是按照一定的时间间隔,如1小时、1天、1月等,定期将某些重要数据存储在外部存储器上。

### 6. 打印输出

打印输出就是按照一定的时间间隔,如分钟、小时、月的要求,定期将各种数据以表格或图形的形式打印出来。

### 7. 人机联系

人机联系是指操作人员通过键盘、鼠标或触摸屏与数据采集系统对话,完成对系统的运行方式、采样周期等参数和一些采集设备的通信接口参数的设置。此外,还可以通过它选择系统功能,选择输出需要的画面等。

## 1.2 数据处理的类型和任务

### 1.2.1 数据处理的类型

由数据采集系统的任务可知,系统除了采集数据外,还要根据实际需要对采集到的数据进行各种处理。数据处理的类型有多种,一般根据以下方式分类。

#### 1. 按处理的方式划分

数据处理可分为实时(在线)处理和事后(脱机)处理。一般来说,实时处理(即在采集数据的同时对数据进行某些处理)由于处理时间受到限制,因而只能对有限的数据做一些简单的、基本的处理,以提供用于实时控制的数据;而事后处理由于是非实时处理,处理时间不受限制,因而可以做各种复杂的处理。

## 2. 按处理的性质划分

数据处理可分为预处理和二次处理两种。预处理通常是剔除数据奇异项、去除数据趋势项、数据的数字滤波、数据的转换等。二次处理包含各种数学运算,如微分、积分和傅里叶变换等。

### 1.2.2 数据处理的任务

#### 1. 对采集到的电信号做物理量解释

在数据采集系统中,被采集的物理量(温度、压力、流量等)经传感器转换成电量,又经过信号放大、采样、量化和编码等环节之后,被系统中的计算机所采集,但是采集到的数据仅仅是以电压的形式表现。它虽然含有被采集物理量变化规律的信息,但是由于没有明确的物理意义,因而不便于处理和使用,必须把它还原成原来对应的物理量。

#### 2. 消除数据中的干扰信号

在数据的采集、传送和转换过程中,由于系统内部和外部干扰、噪声的影响,或多或少会在所采集的数据中混入干扰信号,因而必须采用各种方法(如剔除奇异项、滤波等)最大限度地消除混入数据中的干扰,以保证数据采集系统的精度。

#### 3. 分析计算数据的内在特征

通过对采集到的数据进行变换加工(如求均值或作傅里叶变换等),或在有关联的数据之间进行某些运算(如计算相关函数),从而得到能表达该数据内在特征的二次数据,所以有时也称这种处理为二次处理。例如,采集到一个振动过程的振动波型(随时间变化的数据,即时域数据),由于频谱更能说明振动波形对机械结构所产生的影响,因此可用傅里叶变换得出振动波形的频谱。

以上介绍了数据采集系统的基本功能和数据处理的类型和任务,目的在于使读者对数据采集系统有一个总体的了解,以便在后续各章学习中明确所讨论内容的目的和作用。

## 1.3 数据采集系统的分类

数据采集系统主要由硬件和软件两部分组成。从硬件方面来看,目前数据采集系统的结构形式主要有三种:一是一般的微型计算机数据采集系统,二是直接数字控制型计算机数据采集系统,三是集散型数据采集系统。下面分别介绍这三种系统的结构和特点。

### 1.3.1 一般计算机数据采集与处理系统(DAS)的组成

数据采集系统的任务就是采集传感器输出的模拟信号并转换成计算机能识别的数字信号,然后送入计算机进行相应的计算机和处理,得出所需的数据。一般微型计算机数据采集与处理系统(Data Acquisition System, DAS)的结构如图1-1所示。由图可知,一般微型计算机数据采集与处理系统是由传感器、模拟多路开关、程控放大器、采样/保持器、A/D转换器、计算机及外设等部分组成。

传感器的作用是对被控对象的各种参数进行检测。通过传感器，计算机能“感知”生产进行的情况，将参数在显示器上显示。并根据参数实际值与设定值的偏差，按照一定的控制算法发出控制命令，控制执行机构的动作，从而完成控制任务。如水箱水位控制系统中计算机通过水位传感器测知水位的高低是否越限，将这一情况在显示器上显示出来，并根据水位的高低控制水阀门的关闭或打开，实现水位测量与控制的目的。传感器和执行机构一般置于生产现场，和被控对象在一起，也叫现场设备。系统中计算机一般都置于控制室。

如果把计算机比喻成系统的大脑，传感器就相当于它的眼睛，执行器就是手和脚。计算机只能接收数字信号，而通常传感器发出的多是电压、电流、电阻等模拟信号，执行机构也需要接收模拟信号（电压、电流等），计算机和传感器及执行器之间需要 I/O 接口设备进行信号的转换与联系，因此 I/O 设备是沟通计算机和现场设备的桥梁。I/O 接口里主要的部件常常是用来将模拟量转换成数字量的 A/D 转换器、将数字量变换成模拟量的 D/A 转换器、对开关量进行信号隔离的光电隔离器等。I/O 设备可安装在计算机里（如各种 I/O 板卡），计算机外的控制室里（如带通信接口的智能仪表），也可安装在现场（如智能传感变送器、I/O 模块）。

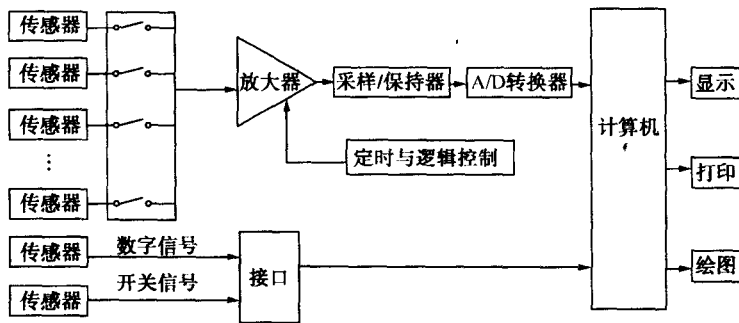


图 1-1 一般微型计算机数据采集与处理系统的结构

一般微型计算机数据采集与处理系统各部分的作用如下

### 1. 传感器

传感器处于被测对象与测试系统的接口位置，是一个信号变换器。它直接从被测对象中提取被测量的信息，感受其变化并变换成便于测量的其他量。例如将速度变换成电压，将应变变换成电阻，将流量变换成压力等。传感器是检测系统的重要组成部分。

### 2. 模拟多路开关

数据采集系统往往要对多路模拟量进行采集。在不要求高速采样的场合，一般采用公共的 A/D 转换器，分时对各路模拟量进行模/数转换，目的是简化电路，降低成本。可以用模拟多路开关来轮流切换各路模拟量与 A/D 转换器间的通道，使得在一个特定的时间内，只允许一路模拟信号输入到 A/D 转换器，从而实现分时转换的目的。

一般模拟多路开关有  $2^N$  个模拟输入端， $N$  个通道选择端，由  $N$  个选通信号控制选择其中一个开关闭合，使对应的模拟输入端与多路开关的输出端接通，让该路模拟信号通过。有规律地周期性改变  $N$  个选通信号，可以按固定的序列周期性闭合各个开关，构成一个周期性分组的分时复用输出信号，由后面的 A/D 转换器分时复用对各通道模拟信号进行周期性转换。

### 3. 程控放大器

在数据采集时,来自传感器的模拟信号一般都是比较弱的低电平信号。程控放大器的作用是将微弱输入信号进行放大,以便充分利用 A/D 转换器的满量程分辨率。例如,传感器的输出信号一般是毫伏数量级,而 A/D 转换器的满量程输入电压多数是 2.5V、5V 或 10V,且 A/D 转换器的分辨率是以满量程电压为依据确定的。为了能充分利用 A/D 转换器的分辨率,即转换器输出的数字位数,就要把模拟输入信号放大到与 A/D 转换器满量程电压相应的电平值。

一般通用数据采集系统均支持多路模拟通道,而各通道的模拟信号电压可能有较大差异。因此最好是对各通道采用不同的放大倍数进行放大,即放大器的放大倍数可以实时控制改变。程控放大器就能够实现这个要求,它的放大倍数随时可以由一组数码控制。这样,在多路开关改变其通道序号时,程控放大器也由相应的一组数码控制改变放大倍数,即为每个模拟通道提供最合适的放大倍数,它的使用大大拓宽了数据采集系统的适应面。

### 4. 采样/保持器

A/D 转换器完成一次转换需要一定的时间,在这段时间内希望 A/D 转换器输入端的模拟信号电压保持不变,以保证有较高的转换精度。这可以用采样/保持器来实现,采样/保持器的加入,大大提高了数据采集系统的采样频率。

### 5. A/D 转换器

因为计算机只能处理数字信号,所以须把模拟信号转换成数字信号,实现这一转换功能的器件是 A/D 转换器。A/D 转换器是采样通道的核心,因此 A/D 转换器是影响数据采集系统采样速率和精度的主要因素之一。

### 6. 接口电路

用来将传感器输出的数字信号进行整形或电平调整,然后再传送到计算机总线上。

### 7. 计算机及外部设备

对数据采集系统的工作进行管理和控制,并对采集到的数据做必要的处理,然后根据需要显示和打印。带计算机的检测系统的采集与处理系统特点如下:

- (1) 性价比高;
- (2) 设计灵活性高;
- (3) 操作方便;
- (4) 有强大的运算功能;
- (5) 具有记忆功能;
- (6) 有自校准功能;
- (7) 能进行自动故障诊断。

### 8. 定时与逻辑控制电路

数据采集系统各器件的定时关系是比较严格的,如果定时不合适就会严重影响系统的精

度。例如，模拟多路开关的两个开关切换时间是 800ns；在模拟多路开关切换期间，程控放大器同时切换放大倍数，大约是 800ns；从程控放大器计算一个新放大倍数到产生稳定输出的时间大约是 400ns；从程控放大器倍数开始切换到采样/保持器开始跟踪至少需要 1.2 $\mu$ s。若采样/保持跟踪时间是 6 $\mu$ s，则 A/D 转换至少再延迟 6 $\mu$ s 才能开始。对于以上所描述的情况，必须遵守如图 1-2 所示的时序图。

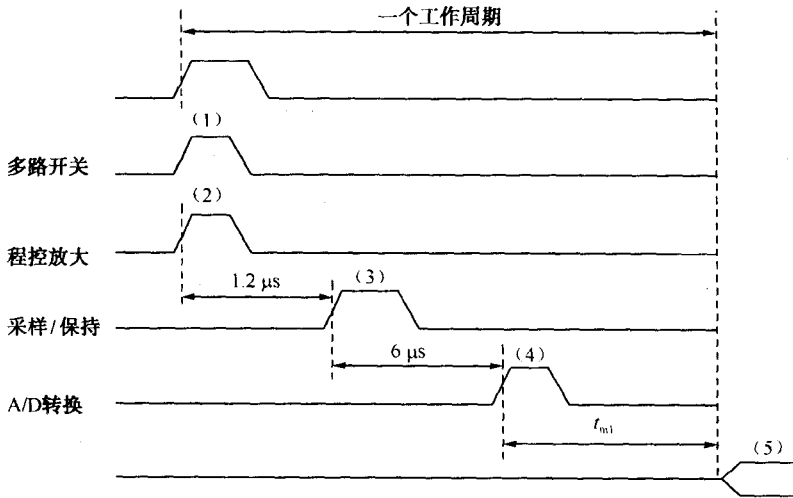


图 1-2 数据采集系统工作时序图

由图 1-2 可知，数据采集系统工作时，各个器件必须按照以下过程顺序执行：

- (1) 模拟多路开关开始切换；
- (2) 程控放大器放大倍数开始切换；
- (3) 采样/保持器开始保持；
- (4) A/D 转换器开始转换；
- (5) A/D 转换完成。

定时电路就是按照各个器件的工作次序产生各种时序信号，而逻辑控制电路是依据时序信号产生各种逻辑控制信号。

由于生产和科学研究的需要，微型计算机数据采集系统还有其他的结构方案，如适用于高速采样的数据采集系统、无相差并行采样（各路均有采样/保持器、A/D 转换器）的数据采集系统等，这些都将在后续课程中介绍。

一般微型计算机数据采集与处理系统的特点是：

- (1) 系统结构简单，技术上容易实现，能够满足中、小规模数据采集的要求；
- (2) 微型计算机对环境的要求不是很高，能够在比较恶劣的环境下工作；
- (3) 微型计算机价格低廉，降低了数据采集系统的成本；
- (4) 微型计算机数据采集系统可作为集散型数据采集系统的一个基本组成部分；
- (5) 微型计算机的各种 I/O 模板及软件比较齐全，很容易构成系统，便于使用和维修。

一般微型计算机数据采集与处理系统 (DAS) 对象中待检测的模拟量通过传感器和变送器，经 A/D 转换进入计算机；待检测的开关量则经光电隔离后进入计算机，计算机对各信号进行巡回检测、处理后，进行显示、打印和报警输出。系统只进行参数的检测，不对参数进

行控制。I/O 通道只有模拟量输入 (AI) 和开关量输入 (DI)。这种系统常用于早期的计算机测控系统或不要求进行控制的系统中。在图 1-1 所示的微型计算机数据采集系统中, 加上 D/A 转换器就构成了微型计算机数据采集与控制系统。

### 1.3.2 直接数字控制型数据采集与处理系统 (DDC) 的组成

直接数字控制型数据采集与处理系统 (Direct Digital Control, DDC) 的组成如图 1-3 所示。计算机既可对生产过程中的各个参数进行巡回检测, 还可根据检测结果, 按照一定的算法, 计算出执行器应该的状态 (继电器的通断、阀门的位置、电机的转速等), 完成自动控制的任务。系统的 I/O 通道除了 AI 和 DI 外, 还有模拟量输出 (AO) 通道和开关量输出 (FDO) 通道。

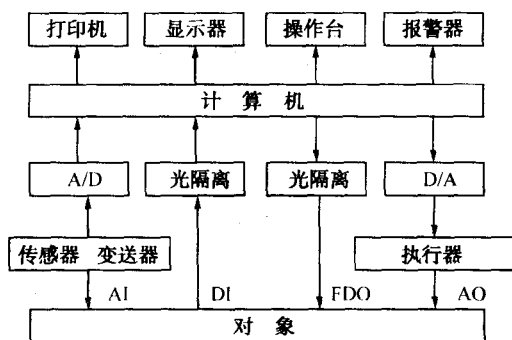


图 1-3 直接数字控制型数据采集与处理系统 (DDC) 组成框图

### 1.3.3 集散型数据采集与处理系统 (DCS) 及其主要特点

#### 1. 集散型数据采集与处理系统简介

20 世纪 70 年代中期, Honeywell 公司推出了第一套集散型数据采集与处理系统 (Distributed Control System, DCS), 使计算机监控技术开始了一次新的飞跃。集散控制系统本质上是一种基于计算机网络的分层的计算机监控系统, 其基本结构如图 1-4 所示。

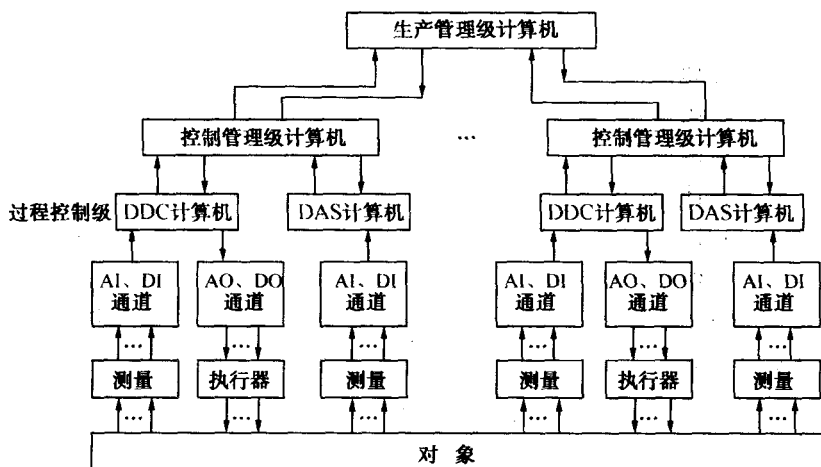


图 1-4 集散型数据采集与处理系统 (DCS) 的组成框图



一台 DDC 计算机常用来控制几个到十几个回路。如果将更多的参数集中到一台计算机上进行监控，一旦计算机出现故障，系统的可靠性会大大降低。集散式控制系统也称为分布式控制系统，总体思想是分散控制，集中管理，即用几台 DDC 计算机分别控制若干个回路，再用监督控制计算机对各 DDC 进行集中管理。集散式控制系统的分级规模可大可小，可以只有两级（直接控制级和监督控制级或称下位机和上位机），也可以有多级。典型的三级结构为过程控制级、控制管理级和生产管理级，如图 1-5 所示。过程控制级由各控制站组成，控制站可以是 DAS，也可以是 DDC，用来进行生产的前沿检测与控制。控制管理级由工程师站、操作员站、数据记录检索站等组成，供工程师进行程序调试和操作员进行生产监控、手动操作、报表打印、数据查询等。生产管理级由生产管理信息系统组成，可进行全厂生产情况汇总与调度。

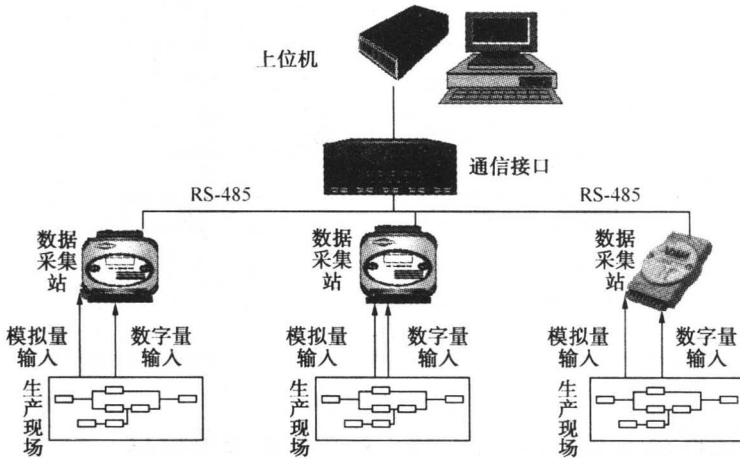


图 1-5 DCS 系统的典型三级结构效果图

现在有许多专业生产厂家生产 DCS 系统，设计工程师只需根据自己的需要进行组件选择和编程，即可构成自己的 DCS 系统。

目前 DCS 系统的缺点一是不同系统间互不兼容，二是现场传感器、变送器、执行器与计算机之间传输的是模拟信号，接线多，抗干扰能力差。FCS 系统是继 DCS 之后的新一代计算机分布式控制系统。系统首先要求现场变送器和执行器采用智能部件，直接输出数字信号，再通过现场总线以串行通信方式与计算机相连。为使不同厂家生产的智能变送器、执行器和过程控制级、控制管理级计算机之间相互兼容，彼此相连，同时还可与生产管理级计算机，甚至企业内部网、因特网相连，要求现场总线具有开放和统一的通信协议。

随着现代产业的迅速发展，生产装置或被监控系统规模的不断扩大，生产技术及工艺过程日趋复杂，从而对实现过程自动化的监控系统提出了更高的要求。即监控系统必须满足：

- (1) 人机界面好，便于集中操作、监控现代化的大型系统。
- (2) 为了安全可靠的需要，应将系统的监控功能分散以化解系统出现故障的风险。
- (3) 在高度安全可靠的前提下，按预定的工艺流程指标来控制被监控对象。除了完成一般单参数、单回路的监视和控制外，还能实现对非线性、多变量、大滞后、参数分布等复杂系统的控制。